

вительного элемента флажка, установленного на оси, изогнут под углом так, что перпендикулярен перемещающемуся слою материала в объекте, а на флажке закреплен трубчатый противовес, внутри которого помещен с возможностью свободного перемещения шарика из материала, не обладающего магнитными свойствами. Благодаря этому поворот флажка происходит при минимальных воздействиях на него сыпучего материала и усиливается перемещением шарика из одного крайнего положения трубчатого противовеса в другой.

Сигнализатор может применяться во всех отраслях промышленности, где необходимо сигнализировать предельные уровни сыпучих мелкодисперсных и гранулированных материалов с минимальной погрешностью.

**Список литературы:** 1. *Дмитренко Л.П.* Приборы контроля и регулирования уровня сыпучих материалов / *Л.П. Дмитренко.* – М.: Энергия, 1978.

*Поступила в редколлегию 12.05.09*

УДК 666.293

**В.И. ГОЛЕУС**, докт. техн. наук, ГВУЗ «УГХТУ»,

**Т.Ф. ШУЛЬГА**, аспирант, ГВУЗ «УГХТУ», г. Днепропетровск

## **ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ЭМАЛИ ДЛЯ АЛЮМИНИЯ**

В роботі експериментальними дослідженнями встановлено закономірності зміни електричного опору, хімічної стійкості, дилатометричних та інших властивостей електроізоляційних склоемалей для алюмінію від вмісту в їх складі оксидів лужних металів. На основі одержаних даних виконано вибір хімічного складу емалей для алюмінію з підвищеними електроізоляційними властивостями та водостійкістю.

In the work are developed regularities of change of electrical resistance, chemical stability, thermal expansion and others properties of the electric insulating enameles for the aluminium from the contents in their compositions of oxides of alkali metals. On the basis of developed data are selection of chemical composition of enamel for aluminium with improved electric insulating properties and water resistance.

Изделия из эмалированного алюминия применяют в строительстве, а также в производстве бытовых и технических электроприборов.

Составы эмалей для алюминия существенно отличается от составов эмалей предназначенных, например, для черных металлов. Эти отличия обусловлены свойствами алюминия – низкая температура плавления ( $660\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и высокие значения его ТКЛР ( $230 \cdot 10^{-7}\text{ K}^{-1}$ ). В зависимости от состава базовой стеклообразующей системы для получения покрытий на алюминии применяют легкоплавкие фосфатные либо силикатные эмали.[1] Необходимая вязкость силикатных расплавов при температуре обжига эмалей ( $560 - 580\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) достигается введением в их составы повышенных количеств оксидов свинца и щелочных металлов. При этом необходимо заметить, что для специальных эмалей, например электротехнического назначения, оксид свинца часто является не желательным компонентом.

Указанная особенность составов эмалей для алюминия обуславливает соответственно относительно не высокие значения химической стойкости и электроизоляционных свойств покрытий на их основе. Это обстоятельство является одним из основных препятствий к широкому применению эмалированного алюминия в технике.

Как известно [2, 3] улучшить значения химических и электрических свойств щелочно-силикатных стекол можно за счет так называемого, «полищелочного эффекта», то есть введения в их составы одновременно нескольких оксидов щелочных металлов.

В связи с этим в работе была поставлена цель, разработать безсвинцовый состав силикатной эмали для алюминия с улучшенными значениями химических и электрических свойств, которые обеспечиваются наиболее рациональным содержанием в ней оксидов  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$ .

Для достижения поставленной цели первоначально методом линейного программирования был сделан выбор состава стекла, которое по значениям вязкости, поверхностного натяжения и ТКЛР может быть основой для получения покрытий на алюминии с температурой обжига  $560 - 580\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Это стекло содержит в своем составе следующие компоненты (мол. %):  $(\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2) - 54$ ,  $(\text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) - 5$ ,  $\text{MeO} - 5$ ,  $\text{Na}_2\text{O} - 36$ .

Экспериментально были определены свойства базового стекла, а также стекол, в которых проведена частичная замена  $\text{Na}_2\text{O}$  на  $\text{Li}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$  в количестве до 20 мол. %. Конкретное содержание  $\text{Li}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$  в опытных стеклах со-

ответствовало координатам узловых точек симплексных решеток, которые использовались при планировании эксперимента.

Шихты опытных стекол готовили с использованием следующих сырьевых материалов: кварцевый песок, оксид титана, борная кислота, ортофосфат натрия, а также карбонаты бария, стронция, лития, натрия и калия.

Варку стекол проводили в шамотных тиглях в электрической печи с выдержкой при максимальной температуре 1130 – 1200 °С в течение 20 минут. Из полученной таким образом гомогенной стекломассы были отлиты в металлические формы образцы стекол для определения их плотности, электрического сопротивления, дилатометрических и других свойств. После формирования образцы стекол отжигали в муфеле при температуре 350 – 400 °С, остаток стекломассы гранулировали выливанием на воду.

ТКЛР стекол определяли в интервале температур 20 – 300 °С на дилатометре ДКВ-5А при скорости нагрева 3°С/мин, удельное объемное электрическое сопротивление в интервале температур 100 – 300 °С – по методике описанной в [4], плотность – гидростатическим методом на аналитических весах ВЛР-200, химическую стойкость – зерновым методом по ГОСТ 10134.1-82.

В результате выполненных экспериментов установлено, что свойства базового стекла в зависимости от вида и количественного содержания щелочного оксида в нем изменяются в широких пределах:

- температурный коэффициент линейного расширения ( $\alpha \cdot 10^{-7}$ )  
при температуре 20 – 300 °С,  $(130-170) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ ;
- дилатометрическая температура начала размягчения ( $t_p$ ) 390 – 490 °С;
- удельное объемное электрическое сопротивление  
при 150 °С ( $\lg \rho_{150}$ )  $10^6 - 10^{10} \text{ ом} \cdot \text{см}$ ;
- водостойкость (В), количество 0,01н НСl, пошедшее  
на титрование водной вытяжки  $0,5 - 9,7 \text{ см}^3/\text{г}$
- молярный объем (V)  $22 - 28 \text{ г/см}^3$ .

После обработки опытных данных экспериментально-статистическими методами были получены уравнения регрессии, которые описывают закономерности изменения свойств базового стекла в зависимости от содержания в его составе  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$ . Графическая иллюстрация установленных закономерностей показана на рис. 1 – 5.

Из данных рисунков следует, что в наиболее простой зависимости от состава стекла находятся значения его молярного объема и ТКЛР, которые, как известно [2, 3], хорошо описываются аддитивными формулами.

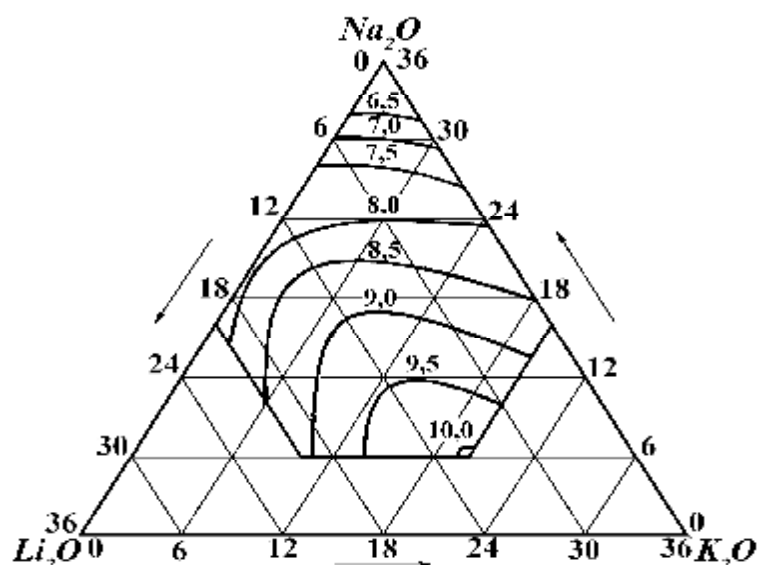


Рис. 1. Зависимость удельного объемного электрического сопротивления при 150 °C эмалей для алюминия от содержания в их составе щелочных оксидов, мол. %.

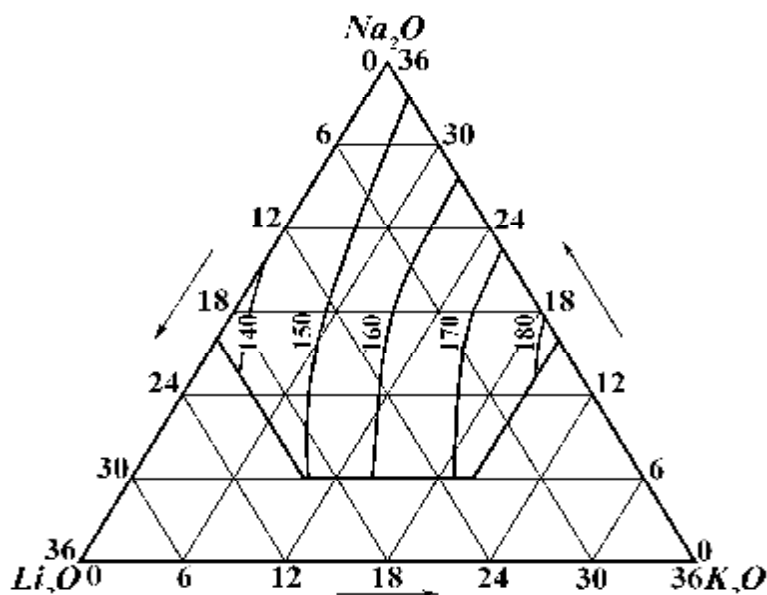


Рис. 2. Зависимость ТКЛР эмалей для алюминия от содержания в их составе щелочных оксидов, мол. %.

Однако необходимо при этом отметить, что введение в состав базового стекла  $\text{Li}_2\text{O}$  вместо  $\text{Na}_2\text{O}$  существенно не влияет на значение его ТКЛР. В то время как частичная замена  $\text{Na}_2\text{O}$  на  $\text{K}_2\text{O}$  способствует значительному повышению ТКЛР базового стекла.

Зависимости удельного сопротивления, водостойчивости и дилатометрической температуры начала размягчения от состава исследуемых стекол отличаются значительным отклонением от правила аддитивности. Отмеченное свидетельствует о том, что явление «полищелочного эффекта», которое

установлено при изучении простых по составу стекол, например  $\text{Me}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$ , является характерным также и для полищелочных многокомпонентных стекол.

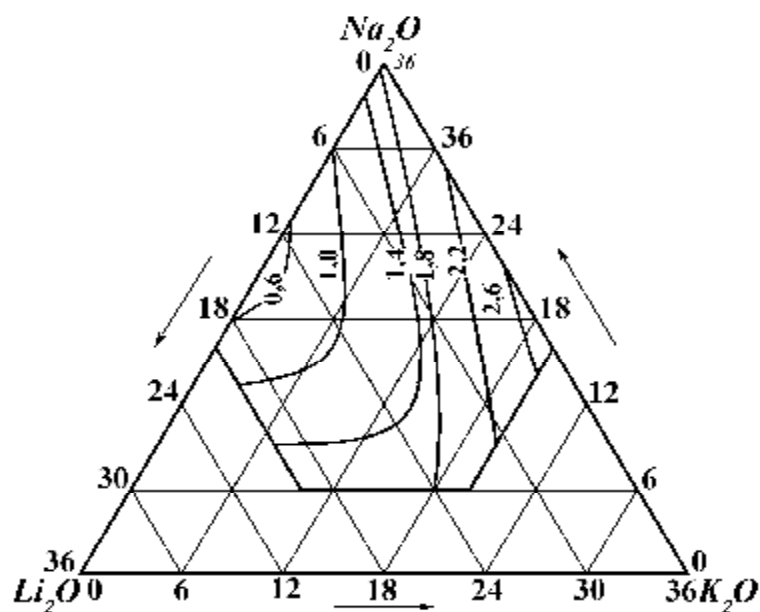


Рис. 4. Зависимость водоустойчивости эмалей для алюминия от содержания в их составе щелочных оксидов, мол. %.

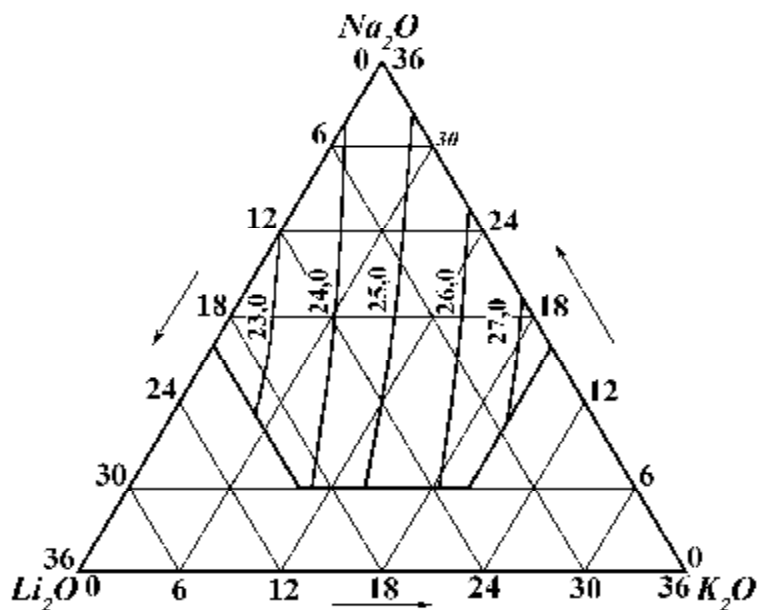


Рис. 5. Зависимость молярного объема эмалей для алюминия от содержания в их составе щелочных оксидов, мол. %.

Максимальными значениями электрического сопротивления отличаются стекла, которые содержат в своем составе  $\text{Li}_2\text{O}$  5 – 11 мол. %,  $\text{Na}_2\text{O}$  16 – 19 и  $\text{K}_2\text{O}$  8 – 14 мол. %.

Содержание щелочных оксидов в стеклах с наибольшей водоустойчивостью, которая соответствует 4 гидролитическому классу, является следующим (мол. %):  $\text{Li}_2\text{O}$  9 – 14,  $\text{Na}_2\text{O}$  14 – 18 и  $\text{K}_2\text{O}$  2 – 6.

Учитывая, что эти стекла характеризуются достаточно высокими значениями теплового расширения ( $\text{ТКЛР} > 145 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ ) и электроизоляционных свойств то можно заключить, что указанное соотношение между содержанием щелочных оксидов является наиболее предпочтительным для электроизоляционных эмалевых покрытий по алюминию.

**Список литературы:** 1. Эмалирование металлических изделий : [под общ. ред. *Варгина В.*]. – [2-е изд.]. – Л. : Машиностроение, 1972. – 496 с. 2. Технология эмали и защитных покрытий / [Брагина Л. Л., Зубехин А. П., Белый Я. И. и др.] ; под ред. Л. Л. Брагиной, А. П. Зубехина. – Харьков : НТУ “ХПИ”; Новочеркасск : ЮРГТУ (НТИ), 2003. – 484 с. 3. Химическая технология стекла и ситаллов / [Артамонова М. В., Асланова М. С., Бужинский И. М. и др.] ; под ред. Н. М. Павлушкина. – М. : Стройиздат, 1983. – 432 с. 4. Мазурин О. В. Электрические свойства стекла / Мазурин О. В. – Л. : Ленгосхимиздат, 1962. – 162 с.

*Поступила в редколлегию 05.06.09*

УДК 621.926

**А.В. АНЦИФЕРОВ**, канд. техн. наук,  
Национальный горный университет, Днепропетровск

## **УДАРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕЛ ПРИ НАЛИЧИИ ПОРОШКОВОГО СЛОЯ**

Досліджується віброударна система, що моделює процес руйнування шару матеріалу у вертикальному вібраційному млині. У теоретичній частині роботи пропонується використовувати методи теорії пружності для вирішення контактних задач. Проведено експеримент за визначенням радіусу плями контакту, що формується кулею при ударі по площині через шар порошку.

The research of the vibroimpact system, modeling the process of material layer destruction in a vertical vibration mill, is conducted. In theoretical part of work it is suggested to utilize the methods of theory of resiliency for the decision of contact tasks. An experiment is conducted on determination contact radius of spot, formed a ball at a blow to the plane through the layer of powder.